

(19)日本国特許庁(J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-308337

(43)公開日 平成6年(1994)11月4日

(51)Int.Cl.⁵

G 0 2 B 6/12

識別記号

A 8106-2K

N 8106-2K

8934-4M

F I

技術表示箇所

// H 0 1 S 3/109

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平5-94252

(22)出願日 平成5年(1993)4月21日

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 木島 公一朗

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

株式会社内

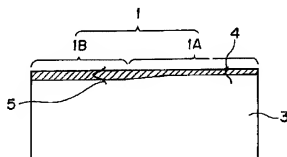
(74)代理人 弁理士 小池 晃 (外2名)

(54)【発明の名称】 光導波路装置

(57)【要約】

【構成】 光導波路1において、第1の光導波路部分1 Aでの基板3の深さ方向への電界強度分布4を第2の光導波路部分1 Bの電界強度分布5よりも深く形成するため、入射光の電界強度分布と光導波路内を伝搬する導波モードの電界強度分布の重畳積分を高くできる。

【効果】 光導波路内の光の伝搬効率及び光源と光導波路との結合効率を高められる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板の主面に垂直な電界方向の光を伝搬する光導波路を有する光導波路装置において、上記光導波路における光源からの光が入射される入射端部分での伝搬モードによる基板深さ方向の電界強度分布を他の部分よりも深く形成してなることを特徴とする光導波路装置。

【請求項 2】 基板の主面に垂直な電界方向の光を伝搬する光導波路を有する光導波路装置において、上記光導波路における光源からの光が入射される入射端部分での伝搬モードによる基板深さ方向の電界強度分布の形状を他の部分よりも真円形状に近く形成してなることを特徴とする光導波路装置。

【請求項 3】 基板の主面に垂直な電界方向の光を伝搬する光導波路を有する光導波路装置において、上記光導波路における光源からの光が入射される入射端部分での伝搬モードによる上記基板の主面に対する法線方向の電界強度分布の大きさを上記基板の主面内方向の電界強度分布の大きさの $1/2$ 倍以上となるように形成してなることを特徴とする光導波路装置。

【請求項 4】 上記光導波路は、波長変換機能を有することを特徴とする請求項 1、2 又は 3 記載の光導波路装置。

【請求項 5】 上記光導波路は、強誘電体である基板上に形成してなることを特徴とする請求項 1、2、3 又は 4 記載の光導波路装置。

【請求項 6】 上記光導波路は、 $\text{LiNb}_3\text{Ta}_{1-x}\text{O}_3$ ($0 \leq x \leq 1$) の強誘電体の基板上に形成してなることを特徴とする請求項 1、2、3、4 又は 5 記載の光導波路装置。

【請求項 7】 上記光導波路は、1 つ以上の光導波路部分が、プロトン交換後にアニール処理を行って形成された光導波路であることを特徴とする請求項 1、2、3、4、5 又は 6 記載の光導波路装置。

【請求項 8】 上記光導波路は、マスク材料の開口部の幅が $3.0 \mu\text{m}$ 以下としたプロトン交換とその後アニール処理によって、上記基板上に 1 つ以上の光導波路部分を有して形成された光導波路であることを特徴とする請求項 1、2、3、4、5、6 又は 7 記載の光導波路装置。

【請求項 9】 上記光導波路は、光源からの光が入射される入射端部分でマスク材料の開口部の幅を他の部分よりも狭くしたプロトン交換とその後アニール処理によって形成された光導波路であることを特徴とする請求項 1、2、3、4、5、6、7 又は 8 記載の光導波路装置。

【請求項 10】 上記光導波路は、1 回のプロトン交換により形成されることを特徴とする請求項 1、2、3、4、5、6、7、8 又は 9 記載の光導波路装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光導波路装置に関し、特に、基板の主面に垂直な電界方向の光を伝搬する光導波路が形成されて成る光導波路装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 基板の主面に垂直な電界方向の光を伝搬する光導波路が形成されてなる光導波路装置においては、光源である例えば半導体レーザ等からのレーザ光を光導波路の光源側の端面より入射させ、該光導波路を導波させて他の端面側から出射させている。また、この際該レーザ光の波長を変換することも可能である。

【0003】 この光導波路装置では、例えば半導体レーザ等からの基本波であるレーザ光を効率よく光導波路に入射させると、例えば波長変換されたレーザ光を効率よく発生できる。この光源である例えば半導体レーザからのレーザ光を上記光導波路に入射させるには、上記レーザ光をレンズを介して光導波路の端面に集光したり、レンズを介さず上記半導体レーザの発光点と光導波路の端面とを上記レーザ光の波長オーダー以下の距離に近づけたりしている。前者すなわちレンズを用いる方法をレンズカップリング (Lens Coupling) といい、後者すなわちレンズを用いずに半導体レーザ等の光源を光導波路端面近傍に直接配置する方法をバットカップリング (Butt Coupling) という。

【0004】 いずれの方法においても、光導波路装置では、上述したように基本波であるレーザ光を効率よく、光導波路に入射させる必要がある。このため、光源からのレーザ光と光導波路の結合効率を高めることが考えられる。この結合効率は、光導波路入射端面における入射光の電界強度分布と光導波路内を伝搬する導波モードの電界強度分布との重畳積分により表せる。

【0005】 また、上記光導波路装置が、例えば光源である半導体レーザからの基本波であるレーザ光を例えば第 2 高調波発生 (SHG) レーザ光に波長変換させるような用途に用いられるとき、上記結合効率を高めることが重要であると共に、上記光導波路内の断面積を小さくすることが重要となる。

【0006】 そして、この光導波路装置において、光導波路作製プロセスが容易であることから、光導波路の導波モードの電界強度分布を、基板の深さ方向に浅くすることにより、光導波路の断面積を小さくする方法が用いられることが多い。

【0007】 しかし、光導波路の断面積を小さくする方法としては、光導波路の電界強度分布を基板の深さ方向に浅くする方法を用いた場合には、光導波路の導波モードの電界強度分布は、基板の面方向に広く、基板の深さ方向に浅い楕円形の分布となる。

【0008】 ここで、上記光導波路を作製する方法としては、イオン交換により基板表面近くに高屈折率層の光導波路を作製するプロトン交換法がある。例えば Li-N

bO_2 、 LiTaO_3 等の強誘電体材料による基板に、プロトン交換法により、高屈折率とされた光導波路を形成すると、分極方向に平行な電界分布を持つ光のみを伝搬するという特性を持つ。そのため、例えば LiNbO_3 、 LiTaO_3 等の強誘電体材料のように分極方向に垂直な主面を持つ基板にプロトン交換法により断面積の小さい光導波路を作製した場合においては、楕円形の電界強度分布の短軸に平行な電界方向を持つ光を伝搬する光導波路となる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上記光導波路が伝搬する光の電界方向と一致させてレーザ光を半導体レーザが放射した場合、半導体レーザの発光点における電界強度分布も楕円形となるが、長軸と短軸がそれぞれ上記光導波路が伝搬する光の電界強度分布の作る楕円形に対して90度ずれた形状となる。そのため、例えば LiNbO_3 、 LiTaO_3 等の強誘電体材料により形成され、分極方向に垂直な主面を持つ基板にプロトン交換法により作製した断面積の小さい光導波路の端面に、上記半導体レーザより発光されるレーザ光を、光導波路に導波させることを目的とし、電界方向を一致させて集光した場合には、光導波路の導波モードの電界強度分布の持つ楕円形と、半導体レーザの発光点における電界強度分布の持つ楕円形とが、潰れる方向が異なっていることになる。つまりそれらの結合効率は、光導波路入射端面における半導体レーザ光の電界強度分布と光導波路内を伝搬する導波モードの電界強度分布との重畳積分を高くすることが困難であるために、高くできない。

【0010】このため、上述したレンズカップリング法により、光導波路端面に光を入射させる場合には、半導体レーザと光導波路素子との間に、1/2波長板を挿入することによって、半導体レーザの電界方向を90度回転させて、光導波路入射端面における半導体レーザ光の電界強度分布と光導波路内を伝搬する導波モードの電界強度分布との重畳積分を高くすることが考えられる。

【0011】しかし、この場合、必要とされる部品は、半導体レーザ光を平行光にするコリメートレンズと、このコリメートレンズで平行とされたレーザ光を光導波路端面に集光する集光レンズと、さらに上記1/2波長板であり、部品点数が多くなってしまふ。すると、半導体レーザから発光されたレーザ光がこれらの部品を通過することにより、光導波路端面における半導体レーザ光の光量が減少することになってしまう。

【0012】また、上述したバットカップリング法により、光導波路端面に光を入射させる場合には、半導体レーザと光導波路素子との間に、上記1/2波長板を挿入するようなスペースがないので、光導波路入射端面における半導体レーザ光の電界強度分布と光導波路内を伝搬する導波モードの電界強度分布との重畳積分を高くすることが困難であるため、上記結合効率を高くできない。

い。

【0013】本発明は、上記実情に鑑みてなされたものであり、光導波路の入射端面における入射光の電界強度分布と光導波路の導波モードでの電界強度分布との重畳積分の値を高くでき、光の伝搬効率及び結合効率を高められる光導波路装置の提供を目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明に係る光導波路装置は、基板の主面に垂直な電界方向の光を伝搬する光導波路を有する光導波路装置において、上記光導波路における光源からの光が入射される入射端部分での伝搬モードによる基板深さ方向の電界強度分布を他の部分よりも深く形成してなることにより上記課題を解決する。

【0015】また他の発明に係る光導波路装置として、基板の主面に垂直な電界方向の光を伝搬する光導波路を有する光導波路装置において、上記光導波路における光源からの光が入射される入射端部分での伝搬モードによる基板深さ方向の電界強度分布の形状を他の部分よりも真円形状に近く形成してなることにより、上記課題を解決することができる。

【0016】さらに他の発明に係る光導波路装置として、基板の主面に垂直な電界方向の光を伝搬する光導波路を有する光導波路装置において、上記光導波路における光源からの光が入射される入射端部分での伝搬モードによる上記基板の主面に対する法線方向の電界強度分布の大きさを上記基板の主面内方向の電界強度分布の大ききの1/2倍以上となるように形成してなることにより、上記課題を解決することができる。

【0017】これらの各発明において、上記光導波路は、波長変換機能をも有してもよい。また、これらの各発明において、上記光導波路は、強誘電体である基板上に形成してなることが好ましい。

【0018】また、これらの各発明において、上記光導波路は、 LiNbO_3 、 $\text{TaO}_{x-1}\text{O}_2$ ($0 \leq x \leq 1$)の強誘電体の基板上に形成してなることが好ましい。また、これらの各発明において、上記光導波路は、1つ以上の光導波路部分が、プロトン交換後にアニール処理を行って形成された光導波路であることが好ましい。

【0019】また、これらの各発明において、上記光導波路は、マスク材料の開口部の幅を3.0 μm 以下としたプロトン交換とその後のアニール処理によって、上記基板に1つ以上の光導波路部分を有して形成された光導波路であることが好ましい。

【0020】また、これらの各発明において、上記光導波路は、光源からの光が入射される入射端部分でマスク材料の開口部の幅を他の部分よりも狭くしたプロトン交換とその後のアニール処理によって形成された光導波路であることが好ましい。

【0021】また、これらの各発明において、上記光導波路は、1回のプロトン交換工程により形成されること

が好ましい。

【0022】

【作用】本発明は、上記光導波路の伝搬モードによる基板深さ方向の電界強度分布を光源からの光が入射される入射端部分で他の部分よりも深く形成してなるので、光導波路の入射端部分における入射光の電界強度分布と光導波路内を伝搬する導波モードの電界強度分布との重畳積分を高くでき、導波路内の光の伝搬効率及び光源と光導波路との結合効率を高められる。

【0023】また、他の発明は、上記光導波路の伝搬モードによる基板深さ方向の電界強度分布の形状を光源からの光が入射される入射端部分で他の部分よりも真円形状に近く形成してなるので、光導波路の入射端部分における入射光の電界強度分布と光導波路内を伝搬する導波モードの電界強度分布との重畳積分を高くでき、導波路内の光の伝搬効率及び光源と光導波路との結合効率を高められる。

【0024】また、さらに他の発明は、上記基板の主面に対して法線方向の電界強度分布の大きさを上記光導波路の光源からの光が入射される入射端部分で、上記基板の主面の面内方向の電界強度分布の大きさよりも、1/2倍以上となるように形成してなるので、光導波路の入射端部分における入射光の電界強度分布と光導波路内を伝搬する導波モードの電界強度分布との重畳積分を高くでき、導波路内の光の伝搬効率及び光源と光導波路との結合効率を高められる。

【0025】

【実施例】以下、上記各発明に係る光導波路装置の実施例を図面を参照しながら説明する。

【0026】この実施例は、例えば LiNbO_3 、又は LiTaO_3 のような $\text{LiNb}_{1-x}\text{Ta}_x\text{O}_3$ ($0 \leq x \leq 1$) の強誘電体材料の分極方向に垂直な方向を図1及び図2に示すように主面とする基板3に、1回のプロトン交換とその後のアニール処理により形成された光導波路1を有する光導波路装置であり、上記基板3の主面に垂直な電界方向の光を伝搬する。

【0027】上記光導波路1は、光源である例えば半導体レーザーからのレーザー光を入射させる光入射端側を第1の光導波路部分1Aによって構成し、これより後端側を第2の光導波路部分1Bによって構成する。すなわち、上記光導波路1は、1回のプロトン交換とその後のアニール処理により第1の光導波路部分1Aと第2の光導波路部分1Bが形成された光導波路である。

【0028】この第1の光導波路部分1Aは、光導波路1が光効率よく結合するために、緩やかなテーパあるいは曲線とされて第2の光導波路部分1Bと段差なく連続するような形状とされている。

【0029】次に、強誘電体材料の例えば LiNbO_3 の分極方向に垂直な方向を主面とする基板3に、光導波路1をプロトン交換法により作製する場合の工程を図3

を用いて説明する。

【0030】先ず、基板3の分極方向に垂直な方向の主面を、図3のAに示すように開口部11、が設けられた例えばTa及びAuであるマスク材料11で覆う。このマスク材料11の開口部11の幅は、第1の光導波路部分1AでW₁（例えば2.0μm）とし、第2の光導波路部分1BでW₂（例えば4.0μm）とする。ここで、上述したように第1の光導波路部分1Aの形状は、緩やかなテーパとされて第2の光導波路部分1Bと段差なく連続するような形状とされている。

【0031】次に、図3のAに示したマスク材料11で覆われた基板3を例えば200℃程度に加熱した酸液中に約18分程度浸す。そして、18分後に酸液中から取り出す。すると、基板3の主面は図3のBに示すようになる。

【0032】次に、上記マスク材料11を剥離し、上記基板3に約350℃（約250℃から約450℃の間の温度）で、アニール処理を約2時間程度行う。すると、基板3の主面上には、第1の光導波路部分1Aと第2の光導波路部分1Bよりなる光導波路1が図3のCに示すように形成される。

【0033】最後に、作製された光導波路1の入射端面及び出射端面に光学研磨を施す。このようにして基板3上に作製された光導波路1に、レーザー光を導波させた場合の電界強度分布の様子を図3のDの断面図に示す。すなわち、1回のプロトン交換の後にアニール処理を施して形成された光導波路では、第1の光導波路部分1Aの電界強度分布4は、第2の光導波路部分1Bの電界強度分布5よりも、基板の深さ方向に多くしみだしている。

【0034】上述したプロトン交換及びアニール処理で基板3上に作製された光導波路1の第1の光導波路部分1Aの電界強度分布4が第2の光導波路部分1Bの電界強度分布5よりも、基板深さ方向に多くしみだす理由を以下に説明する。

【0035】一般に、 $\text{LiNb}_{1-x}\text{Ta}_x\text{O}_3$ ($0 \leq x \leq 1$) の例えば LiNbO_3 あるいは LiTaO_3 の強誘電体材料において、上述したプロトン交換法などにより、3次元光導波路を形成し、さらにアニールを行った場合には、強誘電体材料中にプロトン交換によって水素イオンとリチウムイオンが相互拡散し、さらにその後のアニール処理によって、水素イオンとリチウムイオンが強誘電体材料基板中で相互拡散する。そのため、強誘電体材料基板中では、水素イオンとリチウムイオンとの相互拡散は、方向によって速度に多少の差はあるものの、一方方向の拡散ではなくなる。つまり、3次元光導波路を作製する際のマスク材料のマスク幅により、プロトン交換時のマスク材料の幅が狭いものほど、プロトン交換を行った後、さらにその後のアニール処理を行った後には、水素イオンが、拡散している領域、つまり屈折率が増加している領域が浅くなる。

【0036】また、光導波路内を導波する光の電界強度分布は、その光導波路の屈折率の分布形状により決定される。例えば、光導波路を導波する光の導波モードがシングルモードの場合、屈折率の増加している領域が浅いほど、光導波路を導波する光の電界強度分布の基板方向へのしみだし量は多くなり、屈折率の増加している領域が深いほど、光導波路を導波する光の電界強度分布の基板方向へのしみだし量は少なくなる。この屈折率の増加している領域（水素イオンが拡散している領域）は、上述したようにプロトン交換時のマスク材の幅が狭いものほど、プロトン交換及びアニール処理を施すことにより浅くなる。このため、プロトン交換時のマスク材の幅が狭いものほど、光導波路を導波する光の電界強度分布の基板方向へのしみだし量は多くなる。したがって、基板3上に作製された光導波路1の第1の光導波路部分1Aの電界強度分布4が第2の光導波路部分1Bの電界強度分布5よりも、基板深さ方向に多くみだす。

【0037】次に、マスク材料11のマスク幅の変化に対する光導波路1の端面における導波モードの電界強度分布の変化について以下に説明する。図4は、光導波路1に對物レンズ24で集光したビーム光23を導波させた際の射出端面21における電界強度分布の測定方法を説明するための図である。

【0038】先ず、光導波路1の射出端面21の反対側の入射端面22に、ビーム光23を對物レンズ24で集光する。次に、光導波路1を導波した光（射出端面21から射出される光）の電界強度分布を對物レンズ25及びリレーレンズ26により拡大し、CCD（電荷結合素子）カメラ27上に投影させる。そして、このCCDカメラ27より得られる画像の輝度信号を画像処理装置28により処理し、光導波路1の射出端面21における導波モードの電界強度分布を求める。

【0039】図4で説明した測定方法によって測定した結果を図5に示す。図5の横軸はマスク材料の開口部の幅を示し、縦軸は測定された導波モードの電界強度分布のピーク値の幅を $1/e^2$ 倍した値を示す。また、図中に(V)で示した特性は、基板3の深さ方向の値すなわち縦方向の値（ピーク値の縦方向の幅を $1/e^2$ 倍した値）の変化を、(H)で示した特性は、基板3の面内方向の値すなわち横方向の値（ピーク値の横方向の幅を $1/e^2$ 倍した値）の変化を示している。

【0040】この図5において、(V)で示した特性からマスク材料の開口部の幅が狭い程、プロトン交換及びアニール処理を行った後に、光導波路1を導波する光の電界強度分布の基板の深さ方向へのしみだし量が多くなることが分かる。特に、マスク材料の開口部の幅が $3.0\mu\text{m}$ 以下の場合、それが顕著である。

【0041】図5に示した(V)特性と(H)特性から、マスク材料の開口部の幅の変化に対する電界強度分布の基板3の面内方向の値（ピーク値の横方向の幅を $1/e^2$ 倍した値）と、基板3の深さ方向の値（ピーク値の縦方向の幅を $1/e^2$ 倍した値）との比率（(V)/(H)）の変化を図6に示す。

【0042】この図6の横軸はマスク材料の開口部の幅を示し、縦軸は比率（(V)/(H)）を示している。この縦軸に示した比率（(V)/(H)）は、光導波路1の射出端面21における光の電界強度分布の断面形状の偏平率に相当する。この偏平率が大きい程、断面形状は真円に近くなる。

【0043】この図6において、プロトン交換時のマスク材料のマスク幅を $3.0\mu\text{m}$ より細くすると、偏平率が 0.5 よりも大きくなるのが分かる。すなわちマスク材料のマスク幅が $3.0\mu\text{m}$ 以下になると、光導波路1の射出端面21における光の電界強度分布の断面形状は真円に近くなる。

【0044】上記図5に示した(H)特性から、マスク材料の開口部の幅の変化に対する光導波路1の光伝播モードの電界強度分布の射出端面21における断面面積の変化を図7に示す。

【0045】この図7の横軸はマスク材料の開口部の幅を示し、縦軸は電界強度分布の射出端面21における断面面積を示している。この縦軸に示した電界強度分布の断面面積は、上記図5の(V)特性と(H)特性の積すなわち（ピーク値の縦方向の幅を $1/e^2$ 倍した値）に（ピーク値の横方向の幅を $1/e^2$ 倍した値）を乗じた値である。

【0046】この図7において、プロトン交換時のマスク材料の開口部の幅が $4.5\mu\text{m}$ から $3.0\mu\text{m}$ に減少していくにつれ、電界強度分布の面積は減少していくが、開口部の幅が $3.0\mu\text{m}$ よりさらに減少していくにつれ、電界強度分布の面積は増加していくのが分かる。ここで、電界強度面積が増加している原因は、上記図5からも分かるように、電界強度分布が基板の深さ方向に増加しているためである。

【0047】以上から、プロトン交換時のマスク材料の開口部の幅を狭くした場合、屈折率が増加している領域が狭くなり、光導波路1を導波する光の電界強度分布の基板方向へのしみだし量が多くなる現象は、プロトン交換時のマスク幅を $3.0\mu\text{m}$ 以下にした場合にその現象が効果的に現れるのが分かる。

【0048】次に、光導波路1に、半導体レーザーより発射されたレーザー光を入射させた場合の結合効率について、図8を参照しながら説明する。この図8の横軸はマスク材料の開口部の幅を示し、縦軸は光導波路1の入射端面22におけるレーザー光の電界強度分布と光導波路1を伝播する導波モードの電界強度分布との重畳積分を計算した値を示す。

【0049】この図8からプロトン交換時のマスク材の幅が狭いものほど、結合効率が高くなるのが分かる。これは、プロトン交換及びアニール処理を行った後に、こ

光導波路を導波する光の電界強度分布の基板の深さ方向へのしみだし量が多くなり、光導波路の導波モードの電界強度分布の持つ楕円形の形状が、半導体レーザの発光点における電界強度分布の持つ楕円形の形状に近づいたものである。

【0050】ここで、上記光導波路1が波長変換機能を持つ場合を考慮する。例えば、上記光導波路1が周波数 ω の光を周波数 2ω の光に変換する第2高調波発生(SHG)素子として用いられる場合、この光導波路1における光のパワー密度は大であることが望ましい。光パワー密度を大とするためには、光導波路の断面積を小にする必要がある。この光導波路の断面積は、上述したようにプロトン交換におけるマスク材料の開口部の幅により決定される。したがって、上記光導波路1が波長変換機能を持つ場合でも、光導波路を導波する光の電界強度分布の基板の深さ方向へのしみだし量が多くなり、光導波路の導波モードの電界強度分布の持つ楕円形の形状を半導体レーザの発光点における電界強度分布の持つ楕円形の形状に近づけられ、その結合効率の向上を図れる。この結合効率が向上された光導波路1は、波長変換効率の高いSHG等の波長変換素子を実現できる。

【0051】なお、本発明に係る実施例は、導波モードの基板深さ方向の電界強度分布を深くするものであったが、この方法を光導波路の出射端面に応用することにより、光導波路素子より出射されるビームの形状を容易に選定できるようになる。

【0052】

【発明の効果】本発明に係る光導波路装置は、基板の主面に垂直な電界方向の光を伝搬する光導波路を有し、この光導波路の伝搬モードによる基板深さ方向の電界強度分布を光源からの光が入射される入射端部分で他の部分よりも深く形成してなるので、光導波路端面における導波モードの電界強度分布の形状を光源の発光点における電界強度分布の形状に近づけられ、光導波路入射端面における入射光の電界強度分布と光導波路内を伝搬する導波モードの電界強度分布との重畳積分を高くでき、導波路内の光の伝搬効率及び光源と光導波路との結合効率を高められる。

【0053】他の発明に係る光導波路装置は、基板の主面に垂直な電界方向の光を伝搬する光導波路を有し、この光導波路の伝搬モードによる基板深さ方向の電界強度分布の形状を光源からの光が入射される入射端部分で他の部分よりも真円形状に近く形成してなるので、光導波

路端面における導波路モードの電界強度分布の形状を半導体レーザの発光点における電界強度分布の形状に近づけられ、光導波路入射端面における入射光の電界強度分布と光導波路内を伝搬する導波モードの電界強度分布との重畳積分を高くでき、導波路内の光の伝搬効率及び光源と光導波路との結合効率を高められる。

【0054】さらに他の発明に係る光導波路装置は、基板の主面に垂直な電界方向の光を伝搬する光導波路を有し、この光導波路における光源からの光が入射される入射端部分での伝搬モードによる上記基板の主面に対する法線方向の電界強度分布の大きさを基板の主面内方向の電界強度分布の大きさの1/2倍以上となるように形成してなるので、光導波路端面における導波モードの電界強度分布の形状を半導体レーザの発光点における電界強度分布の形状に近づけられ、光導波路入射端面における入射光の電界強度分布と光導波路内を伝搬する導波モードの電界強度分布との重畳積分を高くでき、導波路内の光の伝搬効率及び光源と光導波路との結合効率を高められる。

【0055】そして、上記各発明の光導波路を波長変換素子に用いると、波長変換効率の高い波長変換装置を構成できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る光導波路装置の一実施例の略線的拡大断面図である。

【図2】図1に示した一実施例の略線的拡大斜視図である。

【図3】図1に示した一実施例の作製工程を説明するための図である。

【図4】光導波路端面における電界強度分布を測定する際の測定方法を説明するための図である。

【図5】光導波路端面における電界強度分布を示す特性図である。

【図6】光導波路端面における電界強度分布の基板深さ方向と基板面内との比率を示す特性図である。

【図7】光導波路端面における電界強度分布の面積を示す特性図である。

【図8】半導体レーザと光導波路との結合効率の計算結果を示す特性図である。

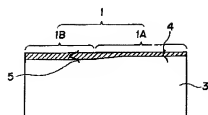
【符号の説明】

1・・・光導波路

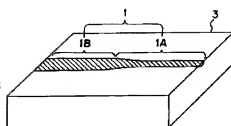
3・・・基板

4、5・・・電界強度分布

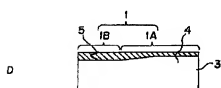
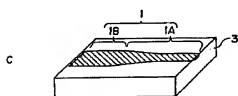
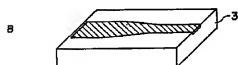
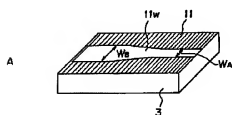
【図1】



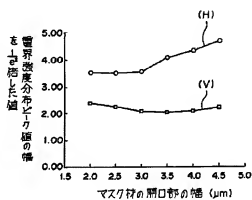
【図2】



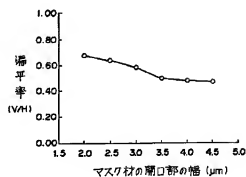
【図3】



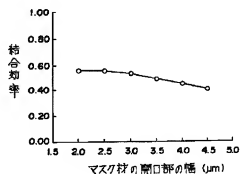
【図5】



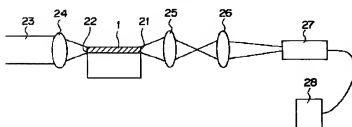
【図6】



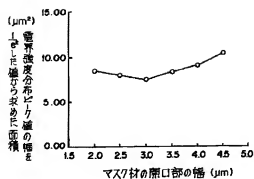
【図8】



【図4】



【図7】



【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載
 【部門区分】第6部門第2区分
 【発行日】平成13年1月19日(2001. 1. 19)

【公開番号】特開平6-308337
 【公開日】平成6年11月4日(1994. 11. 4)
 【年通号数】公開特許公報6-3084
 【出願番号】特願平5-94252
 【国際特許分類第7版】
 G02B 6/12

// H01S 3/109
 【F I】
 H01S 3/109

【手続補正書】

【提出日】平成12年4月13日(2000. 4. 13)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0040

【補正方法】変更

【補正内容】

【0040】この図5において、(V)で示した特性か

らマスク材料の開口部の幅が狭い程、プロトン交換及びアニール処理を行った後に、屈折率の上昇している領域は浅いが、光導波路1を導波する光の電界強度分布の屈折率の上昇している領域から基板の深さ方向へのしみだし量が多くなることが分かる。特に、マスク材料の開口部の幅が3.0 μm 以下の場合、しみだし量が増加することによる影響が顕著となり、電界強度分布の基板深さ方向の値が増加している。